

Исходя из всего этого можно сделать вывод – чтобы повысить эффективность и надежность работы распределительных сетей газоснабжения требуется комплексный анализ мероприятий по их оптимизации и надежности эксплуатации, поскольку существует множество вариантов решения проблемы и необходимо исследование для выбора оптимальных решений. Этот вопрос считается чрезвычайно важным, потому что применение газа внедрилось практически во все сферы деятельности человека.

Библиографический список

1. СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы.
2. Фалеев Ю.П., Клоков А.А., Марухин А.И. Системы газоснабжения. Материал, трубы и арматура, применяемые при строительстве систем газоснабжения. Подбор оборудования ГРП (ШРП) и ГРУ. Учебное пособие для специалистов, занятых проектированием газоснабжения. – Нижний Новгород: НГАСУ, 1993. – 100 с.
3. Шур И. А. - Газорегуляторные пункты и установки - Л.: Недра, 1985. – 288 с.
4. Земенков Ю.Д. Газовые сети и газохранилища: Учебное пособие. – Тюмень: Вектор Бук, 2004. – 208 с.

УДК 735.621.244

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Борисов А.Г., Рогов А.Д

Научный руководитель Соколова С.С.

Тульский государственный университет

Уточнены математические зависимости, которые позволяют оценить параметры теплоносителя, температуру на выходе из отопительного прибора и плотность при установившемся движении.

Процессы, происходящие в системе водяного отопления, обуславливаются ее принципиальной схемой и составом основных элементов.

Общий расход теплоносителя G , циркулирующего в системе, численно равен массовому расходу G_n , перемещаемому

насосом, включенным в контур системы, который определяется по зависимости:

$$G_n = \rho L_n,$$

где: ρ - плотность теплоносителя;

L_n - объемная подача насоса, численно равная объему W теплоносителя, перемещенному в единицу времени.

Теплоноситель, перемещающийся по трубопроводам, рассматривается как макротело, выделенное из жидкости с помощью реальных границ. Он представляет собой гомогенное (однородное) тело. Методы исследования происходящих в системе отопления процессов и явлений позволяют оценивать воздействие либо окружающей среды на теплоноситель, либо теплоносителя (вследствие происходящих в нем изменений) на окружающую среду. Эти воздействия заключаются в обмене энергией.

Состояние термодинамической подсистемы, какой является система водяного отопления, определяется совокупностью независимых параметров:

W – объема, занимаемого теплоносителем в полости отопительного прибора;

m – массы теплоносителя в полости отопительного прибора;

P – давления, в любой точке системы равного сумме естественного и насосного циркуляционных давлений;

θ – температуры теплоносителя.

Если в текущий момент времени t известен объем W , занимаемый теплоносителем в отопительном приборе, то, имея в

виду плотность $\rho = \frac{m}{W}$, можно охарактеризовать состояние

воды в этом объеме совокупностью трех параметров P, θ, ρ .

Иногда в указанной совокупности вместо плотности ρ ис-

пользуется удельный объем $w = \frac{1}{\rho}$.

Физическими константами теплоносителя являются удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме: C_p и C_w .

Параметры состояния теплоносителя являются зависимыми. Каждый из них может быть функцией других. Уравнение, связывающее три величины (P, θ, ρ) или (P, θ, W) , для известной массы жидкости, является уравнением состояния и в общем виде может быть записано как:

$$f(P, \theta, W) = 0$$

Таким образом, состояние теплоносителя может быть определено двумя независимыми параметрами: удельным объемом и температурой, либо давлением и температурой, либо удельным объемом и давлением.

Уравнением состояния, позволяющим правильно описать термодинамическое поведение жидкости в широкой области параметров состояния, как отмечено в [1], является уравнение в вириальной форме, упрощенная форма которого имеет вид:

$$P = \sum_{k=0}^r \frac{B_k(\theta)}{w^{2k+n}},$$

или в развернутой записи

$$P = \frac{B_0(\theta)}{w^n} + \frac{B_1(\theta)}{w^{2+n}} + \frac{B_2(\theta)}{w^{4+n}} + \dots + \frac{B_r(\theta)}{w^{2r+n}},$$

где $B_k(\theta)$ - функции температуры.

$$B_0(\theta) = x_1 + x_2\theta + x_3\theta^2 + x_4\theta^3;$$

$$B_1(\theta) = x_5 + x_6\theta + x_7\theta^2;$$

где $x_1 \dots x_7$ – вириальные коэффициенты

Значения коэффициентов $x_1 \dots x_7$ для различных жидкостей приведены в работе [2]. Указанные значения могут меняться в зависимости от свойств используемого теплоносителя.

Показатель n в зависимости от конкретных свойств жидкости принимает значения от 1 до 2.

Рассматривается случай, когда изменение состояния теплоносителя в полости отопительного прибора (рис.1) происходит за счет прихода жидкости из системы водяного отопления через одно отверстие в отопительном приборе площадью S_i и расхода жидкости из полости в систему через одно отверстие площадью S_j при $n=2$. Теплоноситель в полости прибора в начальный момент времени имеет параметры P_0 , $\theta_{\varepsilon 0}$, w_0 , время установления течения и теплообмен с окружающей средой не учитывается.

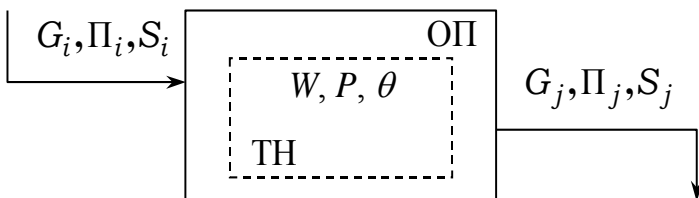


Рис. 1 – Анализ процессов в отопительном приборе системы водяного отопления

С учетом закона сохранения энергии, а также того, что внутренняя энергия жидкости является функцией параметров состояния теплоносителя получена система дифференциальных уравнений, отражающая переходный процесс в проточной полости для жидкости, подчиняющейся уравнению состояния вириального типа:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dw}{dt} &= -\frac{w^2}{W}(G_i - G_j), \\ \frac{d\theta}{dt} &= \frac{w}{WC_{w_1}} \left\{ G_i \left[\Pi_i + \frac{2}{w}(-x_1 + x_3\theta^2 + 2x_4\theta^3) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{4}{3w_1^3}(-x_5 + x_7\theta^2) - G_j \left[\Pi_j + \frac{2}{3w}(-x_1 + x_3\theta^2 + 2x_4\theta^3) + \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. + \frac{4}{3w^3}(-x_5 + x_7\theta^2) \right] \right] \right\}, \end{aligned} \right.$$

где G_i – секундный массовый приход жидкости из системы в полость прибора;

G_j – секундный массовый расход жидкости из полости отопительного прибора в систему.

$$G_i = \mu_i S_i \sqrt{\frac{2}{w}} \sqrt{P_i - P}; \quad G_j = \mu_j S_j \sqrt{\frac{2}{w}} \sqrt{P - P_j};$$

где μ_i, μ_j – коэффициенты расхода через отверстия площадью S_i и S_j соответственно;

Π_i – удельный приход энергии жидкости из системы в полость;

Π_j – удельный расход энергии жидкости из полости в систему отопления.

$$\begin{aligned} \Pi_i &= w^{-1} (2x_1 + x_2\theta_i - x_4\theta_i^3) + w^{-3} \left(\frac{4}{3}x_5 + x_6\theta_i + \frac{2}{3}x_7\theta_i^2 \right); \\ \Pi_j &= w^{-1} (2x_1 + x_2\theta_j - x_4\theta_j^3) + w^{-3} \left(\frac{4}{3}x_5 + x_6\theta_j + \frac{2}{3}x_7\theta_j^2 \right) \end{aligned}$$

Для установившегося режима течения жидкости в проточной полости прибора постоянного объема справедливо

$$\frac{dw}{dt} = 0 \text{ и } \frac{d\theta}{dt} = 0.$$

Из этих уравнений, а также уравнения состояния получается система уравнений вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_i S_i \sqrt{\frac{2}{w}} \sqrt{P_i - P} = \mu_j S_j \sqrt{\frac{2}{w}} \sqrt{P - P_j} \\ \frac{1}{w} (2x_1 + x_2 \theta_i - x_4 \theta_i^3) + \frac{1}{w^3} \left(\frac{4}{3} x_5 + x_6 \theta_i + \frac{2}{3} x_7 \theta_i^2 \right) = \\ = \frac{1}{w} (2x_1 + x_2 \theta_j - x_4 \theta_j^3) + \frac{1}{w^3} \left(\frac{4}{3} x_5 + x_6 \theta_j + \frac{2}{3} x_7 \theta_j^2 \right); \\ w = \sqrt{\frac{2(x_5 + x_6 \theta_j + x_7 \theta_j^2)}{-\left(x_1 + x_2 \theta_j + x_3 \theta_j^2 + x_4 \theta_j^3\right) + \sqrt{\left(x_1 + x_2 \theta_j + x_3 \theta_j^2 + x_4 \theta_j^3\right)^2 + 4P_j(x_5 + x_6 \theta_j + x_7 \theta_j^2)}}} \end{array} \right.$$

Имея значения P , P_i , θ_i , можно определить θ_j теплоносителя на выходе из полости отопительного прибора.

Таким образом, полученная система уравнений позволяет оценить параметры теплоносителя, температуру на выходе из отопительного прибора и плотность при установившемся движении. При известной температуре на входе в прибор это позволит вычислить температурный напор отопительного прибора при известной температуре θ_g внутри помещения.

Библиографический список

1. Соколова С.С., Соколов В.А. *Управление температурным режимом производственных зданий: Монография; ТГУ – Тула, 2010. – 167 с.*
2. Проников А.С. *Параметрическая надежность машин / А.С. Проников – М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2002. – 560 с.*